(사업명: 예외 상황 합성데이터 생성 및

인공지능 예측 모델 고도화 기술 개발)

요구사항정의서

v1.0

스마트데이터연구실

지능정보연구본부 초지능창의연구소



2005-1-11.0

**문서 정보**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 구분 | 소속 | 성명 | 비고 |
| 작성자 | 스마트데이터연구실 | 김창수 |  |
| 스마트데이터연구실 | 이용진 |  |
| 스마트데이터연구실 | 송혜원 |  |
| 스마트데이터연구실 | 최장호 |  |
| 스마트데이터연구실 | 정문영 |  |
| 검토자 | KAIST | 문일철 |  |
| 주식회사 페블러스 | 이정원 |  |
| 주식회사 에이테크 | 최봉문 |  |
| UNIST | 김병직 |  |
| 스마트데이터연구실 | 정문영 |  |
| 스마트데이터연구실 | 김창수 |  |
| 스마트데이터연구실 | 이용진 |  |
| 스마트데이터연구실 | 송혜원 |  |
| 스마트데이터연구실 | 최장호 |  |
| QA검토자 | QA(품질보증담당) |  |  |
|  |  |  |
| 승인자 | 스마트데이터연구실 | 정문영 |  |
| 버전 | 1.0 | | |
| 승인(발행)일 | 2024.09.26. | | |
| 상태 | 동료검토완료 | | |

\* 상태: 초안, 동료검토완료, 승인완료

**개정 이력**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 버전 | 개정일자 | 개정내역 | 작성자 | 승인자 |
| 0.8 | 2024.09.11. | 초안작성 | 김창수  외 3 |  |
| 1.0 | 2024.09.26. | 동료검토 의견 반영 | 김창수 외 3 |  |
|  | . |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

목차

[1. 개요 6](#_Toc177742547)

[1.1 문서의 목적 6](#_Toc177742548)

[1.2 문서의 범위 6](#_Toc177742549)

[1.3 개발 시스템의 개요 6](#_Toc177742550)

[1.3.1 시스템 명칭 6](#_Toc177742551)

[1.3.2 개발 목표 6](#_Toc177742552)

[1.3.3 적용 분야 7](#_Toc177742553)

[1.4 사용자 분류 8](#_Toc177742554)

[1.5 용어 정의 및 약어 8](#_Toc177742555)

[1.5.1 용어 정의 8](#_Toc177742556)

[1.5.2 약어 9](#_Toc177742557)

[1.6 참고문헌 9](#_Toc177742558)

[2. 사용자 요구사항 10](#_Toc177742559)

[2.1 사용자 기능 요구사항 10](#_Toc177742560)

[2.2 사용자 비기능 요구사항 14](#_Toc177742561)

[2.2.1 성능 14](#_Toc177742562)

[2.2.2 확장성 14](#_Toc177742563)

[2.2.3 가용성 14](#_Toc177742564)

[2.2.4 기타 15](#_Toc177742565)

[2.3 제약사항 15](#_Toc177742566)

[2.4 가정사항 15](#_Toc177742567)

[3. 시스템 요구사항 16](#_Toc177742568)

[3.1 시스템 기능 요구사항 16](#_Toc177742569)

[3.1.1 시나리오 생성 기능 16](#_Toc177742570)

[3.1.2 데이터 관리 기능 18](#_Toc177742571)

[3.1.3 시뮬레이션 기능 18](#_Toc177742572)

[3.1.4 에이전트 행동 모델링 기능 19](#_Toc177742573)

[3.1.5 예측 및 대응 기능 20](#_Toc177742574)

[3.1.6 결과분석 및 시각화 기능 20](#_Toc177742575)

[3.1.7 실증 기능 21](#_Toc177742576)

[3.2 시스템 비기능 요구사항 22](#_Toc177742577)

[3.2.1 성능 22](#_Toc177742578)

[3.2.2 확장성 22](#_Toc177742579)

[3.2.3 가용성 22](#_Toc177742580)

[3.2.4 기타 23](#_Toc177742581)

[4. 미지원 사용자 요구사항 24](#_Toc177742582)

# 개요

## 문서의 목적

본 문서는 “예외 상황 합성데이터 생성 및 인공지능 예측 모델 고도화 기술 개발”사업의 요구사항을 정의한 문서로서, 사업의 최종 결과물의 범위와 내용을 결정하기 위해 작성한다.

## 문서의 범위

본 문서에서는 최종 산출물을 이용할 잠재적 사용자들의 관점에서 결과물에 대한 사용자 요구사항을 도출하고, 이를 기반으로 좀 더 구체적으로 결과물이 제공할 기능을 중심으로 시스템 요구사항을 정의한다.

본 문서에서는 고객의 요구사항을 도출하기 위한 과정 및 시스템의 기능을 상세하게 표현하는 기능 규격은 포함하지 않는다.

## 개발 시스템의 개요

### 시스템 명칭

본 시스템은 “예외 상황 합성데이터 생성 및 인공지능 예측 모델 고도화 기술 개발” 사업의 결과물로서, “AIxSim”이라 명한다.

### 개발 목표

* + - 데이터가 극히 부족하거나 전혀 없는 예외상황에서도 인공지능 예측 모델에 활용할 수 있는 “시뮬레이션 기반 합성데이터 생성 기술 및 생성된 데이터를 활용한 예측모델 고도화 기술” 개발
    - (시뮬레이션 기반 합성데이터 생성 기술) 시간의 흐름에 따른 전개를 모사하는 시뮬레이션을 통해 예외상황 발생 시의 데이터를 생성하는 기술
    - (합성데이터 품질 향상을 위한 에이전트 행동모델링 기술) 예외상황 합성데이터를 활용하여 예측 모델의 정확도를 향상시키고 최적의 대응 방안을 제시하는 기술
    - (예외 상황 결과 예측 모델 및 대응을 위한 AI 모델 고도화 기술) 예외상황 합성데이터를 사용한 모델 훈련을 통해 인공지능 모델을 고도화하여 예측의 정확도와 대응 방안의 효과를 높이기 위한 기술
    - (실증: 예외상황 실증 시나리오 구축 및 예측 결과 가시화 기술) 재난, 환경, 공공 서비스 분야의 실데이터 및 도메인 지식을 분석하여 예외 상황 시나리오를 생성하고, 이를 개발된 기술에 적용하여 얻은 합성데이터 및 예측 결과를 가시화하여 제공하는 관제 및 의사결정시스템 기술



그림 1 시뮬레이션 기반 합성데이터 생성 기술 개념도

* + - 미래 상황에 대한 정확한 예측 및 대응 서비스 강화
    - 예외 상황에 대한 합성데이터를 활용하면 의사결정 모델의 검증을 통해 산업별 위험을 줄이거나 예방할 수 있으며 기업의 비용 절감 효과가 있음
    - 합성데이터 기반으로 고도화된 인공지능 예측 모델을 활용하여 최근 빈번히 발생하고 있는 기후 변화나 이상 현상에 의한 복합 재난 피해를 현저히 줄일 수 있음
    - 예외적 재난 상황 관련 시나리오, 재난 발생으로 인한 2차 피해 등 파생적 상황에 대한 시나리오 생성 기술 확보 등 재난 발생 패턴 및 상관관계 분석‧적용에 따른 정밀한 재난 시나리오 모델 구축 가능

### 적용 분야

* + - (재난) 실측 데이터가 절대적으로 부족하여 예측모델을 학습할 수 없는 재난 분야에서, 재난 상황에 대한 혼잡예측, 피해예측, 대피시간 예측 결과를 통한 정책 검증 및 제안
    - 지자체는 원전사고 대비한 대피계획을 수립하고 있으나 과학적인 검증 도구가 부재하여 도상 검증이나 소규모 대피 훈련으로 그치고 있음
    - (공공서비스) 미래의 교통 수요와 공급 예측을 위해 주요 시설 건설이나 다양한 정책 변화에 따른 교통영향평가 및 의사결정 서비스에 활용하여 정책 결정 및 검증
    - (환경) 침수, 산사태 등 환경으로 인한 영향에 대한 데이터 구축 및 예측으로 대응 방안 수립

## 사용자 분류

AIxSim의 사용자는 사용 환경 및 배경 지식에 따라 다음과 같이 AIxSim 도메인 전문가, AIxSim 일반 사용자로 구분한다.

* + - AIxSim 도메인 전문가
    - 합성데이터 생성을 위해 재난, 교통, 환경, 원전, 인프라 등 특정 분야에 대한 전문적 지식을 가지고, 시뮬레이션을 수행 및 합성데이터를 생성하는 사람.
    - 다양한 예외 상황에 대한 전문적 지식을 기반으로 시뮬레이션 환경을 조절하여 미래 예측 및 대응을 수행하는 사람
    - AIxSim 일반 사용자
    - 데이터가 극히 부족하거나 전혀 없는 예외상황에서 합성 데이터를 활용하여 미래 상황을 예측하고 대응하기 위해 AIxSim을 이용하는 사용자
    - 일반적인 지식을 바탕으로 데이터 수집, 시뮬레이션 실행 및 예측, AI 모델 활용 예측을 수행하고 대응방안을 탐색하는 사람
    - 예외 상황에 대한 대응 정책, 신호 체계 등을 검증하려는 사람
    - 수집 데이터 관리, 시뮬레이터 관리, 합성 데이터 관리 등의 AIxSim에 대한 전반적인 관리를 수행하는 사람

## 용어 정의 및 약어

### 용어 정의

* AIxSim: AI prediction on synthetic data based on eXceptional situation SIMulation의 약어로, 예외상황에 대한 시뮬레이션을 기반으로 생성한 합성 데이터로 AI 모델을 학습하고 학습된 AI 모델을 통해 미래 상황을 예측하는 시스템을 의미
* 교통 수요: 교통 시설이나 교통 서비스로 구성된 교통체계를 이용하는 규모로서 통행량으로 표현됨
* 시뮬레이션 환경: 도로망 형상, 도로망 속성, 신호 정보, 신호 체계 등 시뮬레이션을 수행하는 기반 환경
* 에이전트: 시뮬레이션 수행 시, 특정 행동을 수행하는 객체로 승용차, 버스, 사람 등을 나타내며, 각 에이전트는 특성을 가지고 행동을 수행함
* 시나리오: 시뮬레이션을 수행 시 대상 환경 및 에이전트 특성과 이들의 시간 별 변경 내용등을 정의한 정보로서 시뮬레이션 시작 시 입력으로 제공함
* 이벤트: 시뮬레이션 수행 도중 시뮬레이션에 변경을 야기할 수 있는 다양한 상황으로 도로의 공사, 교통 사고, 지역 행사, 침수 발생, 원전 사고 등을 나타냄
* 합성 데이터: 실제 환경에서 발생하는 데이터가 아닌 일종의 가상 데이터로서, 실제 환경의 실데이터와 유사성을 가질 수 있도록, 다양한 예외 상황에 대한 시뮬레이션을 통해 생성하는 데이터. 예외 상황에 대한 데이터가 매우 부족하거나 존재하지 않는 상황에 대한 예측 모델의 학습을 위해 생성
* 대응 시나리오: 특정 예외 상황 발생 시, 해당 상황에 대응하여 문제 발생을 최소화할 수 있는 다양한 시나리오들을 지칭
* 메타 모델: 예외 상황 대응 시나리오에 대한 시뮬레이션 결과에 대해 회귀를 수행하는 기계학습 모델로 시뮬레이션 없이 대응 결과를 예측하는 AI 모델

### 약어

AI Artificial Intelligence

API Application Programming Interface

CSV Comma-Seperated Values

GIS Geographic Information System

IRβ Integrated β-Recall

JSD Jensen-Shannon Divergence

OD Origin Destination

RMSE Root Mean Squared Error

UI User Interface

XML eXtensible Markup Languages

## 참고문헌

* 1. ETRI, 예외 상황 합성데이터 생성 및 인공지능 예측 모델 고도화 기술 개발 사업수행계획서(v1.0), 2024.
  2. ETRI, 예외 상황 합성데이터 생성 및 인공지능 예측 모델 고도화 기술 개발 발표 자료(v1.0), 2024.
  3. ETRI, 한국전자통신연구원 연구개발 표준 프로세스(v4.1), 2019.

# 사용자 요구사항

본 장에서는 AIxSim에 대한 사용자 요구사항을 기술한다. AIxSim 사용자 요구사항은 이해당사자들로부터 수집하고, 사용자 관점에서 분석 및 정리 과정을 거쳤으며, 정리된 사용자 요구사항에 대해 이해당사자의 검토를 거쳐 최종 사용자 요구사항으로 정리하였다.

각 사용자 요구사항의 기술은 요구사항 식별자, 요구사항 내용, 요구사항 출처, 담당 기관을 명시하였다.

사용자 요구사항 식별자는 다음과 같이 부여하였다.

* + - 식별자는 “요구사항 대분류 약자.요구사항 소분류 약자.일련번호”로 구성
    - 요구사항 대분류는 다음과 같이 구분하여 약어 3자로 표시
    - UFR(User Functional Requirement): 사용자 기능 요구사항
    - UNR(User Non-functional Requirement): 사용자 비기능 요구사항
    - UCT(User Constraints): 사용자 제약사항
    - UAT(User Assumption): 사용자 가정사항
    - 요구사항 소분류는 요구사항 내용에 따라 다음과 같이 구분하여 3자로 표시
    - USR(User): AIxSim 사용자 관점의 요구사항
    - PER(Performance): 결과물의 성능에 대한 요구사항
    - SCA(Scalability): 결과물의 확장성에 대한 요구사항
    - AVA(Availability): 결과물의 가용성에 대한 요구사항
    - ETC(et cetera): 기타 요구사항

## 사용자 기능 요구사항

본 절에서는 수집한 사용자 요구사항 중 기능적 요구사항을 기술한다.



그림 2 AIxSIM 제공 사용자 기능

| 요구사항 ID | 내용 | 출처 |
| --- | --- | --- |
| UFR.USR.01 | 도메인/전문가 지식을 시스템에 반영할 수 있어야한다. | RFP |
| UFR.USR.02 | 예외상항 시나리오 모델링을 위해, 도메인 지식을 쉽게 작성할 수 있는 도구를 제공해야 한다. | 발표자료 |
| UFR.USR.03 | 예외 상황에 대한 합성데이터를 생성할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.04 | 일반 상황에 대한 합성데이터를 생성할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.05 | 예외상황에 대한 시뮬레이션을 할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.06 | 일반상황에 대한 시뮬레이션을 할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.07 | 생성한 합성데이터를 이용하여 예외 상황에 대한 예측을 할 수 있어야 한다. | RFP |
| UFR.USR.08 | 예외 상황 시나리오(환경,이벤트,행동)를 구성할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.09 | 일반 상황 시나리오(환경,이벤트,행동)를 구성할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.10 | 예외상황에서의 대응 정책을 반영한 시뮬레이션 시나리오를 생성할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.11 | 예외상황에서의 대응 정책 효과를 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.12 | 예외상황 합성데이터 기반 결과 예측 및 대응 시나리오 예측 AI 모델을 제공해야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.13 | 재난 상황의 다양한 시나리오를 반영할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.14 | 공공 인프라 계획의 다양한 시나리오를 반영할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.15 | 침수 상황의 다양한 시나리오를 반영할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.16 | 시뮬레이션 결과 데이터를 스텝 별로 추출할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.17 | 이벤트, 시뮬레이션 환경, 에이전트를 포함한 시나리오 편집도구를 지원해야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.18 | 시뮬레이션 시나리오 생성을 위한 원본데이터 가공/변환/적재 할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.19 | 생성AI로 합성데이터를 생성/증강할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.20 | 시나리오 기반 합성데이터 및 예측 결과를 가시화할 수 있어야한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.21 | 최적대응 시나리오의 효과도를 분석할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.22 | 시스템에 대한 사용자 인터페이스(예:GUI)를 제공해야 한다. | 기타 |
| UFR.USR.23 | 생성된 합성데이터의 이력 관리를 할 수 있어야 한다. | 기타 |
| UFR.USR.24 | 생성된 합성데이터를 다양한 형식으로 저장할 수 있어야 한다(CSV, XML 등등) | 기타 |
| UFR.USR.25 | 개별 에이전트의 행동을 변경할 수 있는 동적 시뮬레이션이 가능해야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.26 | 예외 상황 합성데이터 플랫폼의 데이터(수집데이터, 환경데이터 등)를 관리할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.27 | 시뮬레이션을 통해 생성한 합성데이터를 관리할 수 있어야한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.28 | 예외상황 발생 시 에이전트의 행동을 모델링할 수 있어야한다. | 기타 |
| UFR.USR.29 | 에이전트 행동 모델링에 전문가/도메인 지식을 반영할 수 있어야한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.30 | 도메인 지식을 활용한 예외상황 합성 데이터의 다양성을 평가할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.31 | 시뮬레이션 예측을 모사하는 인공지능 예측 모델을 제공해야 한다. | 기타 |
| UFR.USR.32 | 다양한 예외상황 대응 시나리오에 대한 AI 기반 What-if 분석 및 대응 모델을 제공해야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.33 | 예외 상황에 대한 대응 방안을 제공할 수 있어야 한다. | 기타 |
| UFR.USR.34 | 지역 공간정보 및 재난안전관리 공공데이터 활용 GIS 기반 의사결정지원 SW 및 시각화를 제공해야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.35 | 시뮬레이션 및 예측 결과를 시각화할 수 있어야한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.36 | AI 예측 모델의 적재 및 관리 프레임워크를 제공해야 한다 | 사업계획서 |
| UFR.USR.37 | 생성형 AI 기반 공간정보 검색 서비스를 지원해야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.38 | 시나리오 기반 합성데이터 및 예측 결과를 수요처의 시스템에서 사용할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.39 | 재난 대응에 대한 안내 서비스를 제공할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.40 | 예외상황에 대한 시뮬레이션 결과를 분석할 수 있어야 한다. | 사업계획서 |
| UFR.USR.41 | 원전재난상황 관련 비상대응, 예외적 이벤트 및 대피의 주요 변인을 분석해야 한다. | 사업계획서 |

## 사용자 비기능 요구사항

### 성능

| 요구사항 ID | 내용 | 출처 |
| --- | --- | --- |
| UNR.PER.01 | 합성데이터 유사도는 0.25 이하(JSD)이어야 한다. | 사업계획서 |
| UNR.PER.02 | 합성데이터의 다양성은 0.5 이상(IRβ)이어야 한다. | 사업계획서 |
| UNR.PER.03 | 합성데이터 활용 시 예측 성능 향상도는 10% 이상이어야 한다. | 사업계획서 |
| UNR.PER.04 | 시뮬레이션 예측 정확도는 0.95 이상(R2)이어야 한다. | 사업계획서 |
| UNR.PER.05 | 메타모델 정합성은 0.95 이상(R2)이어야 한다. | 사업계획서 |
| UNR.PER.06 | 최적대응안의 결과가 대응하지 않은 결과 대비 효과 향상이 20% 이상이어야 한다. | 사업계획서 |
| UNR.PER.07 | 시각화 결과 표출 속도는 22초 이내여야 한다. (5백만건 기준) | 사업계획서 |

### 확장성

| 요구사항 ID | 내용 | 출처 |
| --- | --- | --- |
| UNR.SCA.01 | 다양한 제약 조건이나 목표를 가진 문제에 유연하게 대처할 수 있어야 한다. | 기타 |

### 가용성

| 요구사항 ID | 내용 | 출처 |
| --- | --- | --- |
| UNR.AVA.01 | 재난상황의 불확도를 고려하여 안정적인 최적대응안을 제공하여야 한다. | 기타 |

### 기타

| 요구사항 ID | 내용 | 출처 |
| --- | --- | --- |
| UNR.ETC.01 | 시스템 사용자 메뉴얼을 제공해야 한다. | 기타 |
| UNR.ETC.02 | 예외상황 실증 시나리오를 3개이상 제공해야 한다. | RFP |

## 제약사항

| 제약사항 ID | 구분 | 내 용 | 출처 |
| --- | --- | --- | --- |
| UCT.01 | 지적재산 제약 | 도시교통 브레인은 공개 SW 형태로 개발하여야 한다. | RFP |

## 가정사항

해당 사항 없음

# 시스템 요구사항

본 장에서는 2장에서 도출한 AIxSIM에 대한 사용자 요구사항을 만족시키기 위해 시스템을 개발할 때 어떠한 기능과 구조로 해결할 것인지를 도출한 시스템 요구사항을 기술한다.

각 시스템 요구사항의 기술은 요구사항 식별자, 요구사항 내용, 구현 시기, 사용자 요구사항과의 관련성, 담당 기관을 명시하였다.

시스템 요구사항 식별자는 다음과 같이 부여하였다.

* + - 식별자는 “요구사항 대분류 약자.요구사항 소분류 약자.일련번호”로 구성
    - 요구사항 대분류는 다음과 같이 구분하여 약어 3자로 표시
    - SFR(System Functional Requirement): 시스템 기능 요구사항
    - SNR(System Non-functional Requirement): 시스템 비기능 요구사항
    - 요구사항 소분류는 요구사항 내용에 따라 다음과 같이 구분하여 표시
    - SNO(SceNariO): 시뮬레이션 시나리오 관련 요구사항
    - DM(Data Management): 다양한 데이터 관리 관련 요구사항
    - SIM(Traffic Simulation): 시뮬레이션 관련 요구 사항
    - AAM(Agent Action Modeling): 에이전트 행동 모델링 관련 요구사항
    - PAR(Prediction And Reaction): 예측 및 대응 관련 요구사항
    - VIS(VISualization): 결과 분석 및 시각화 관련 요구사항
    - PRV(PRoVeness): 실증 관련 요구사항
    - PER(PERformance): 결과물의 성능에 대한 요구사항
    - SCA(SCAlability): 결과물의 확장성에 대한 요구사항
    - AVA(AVAilability): 결과물의 가용성에 대한 요구사항
    - ETC(et cetera): 기타 요구사항
    - 구현년도는 사업기간 중 구현 활동을 하는 연차를 표시

## 시스템 기능 요구사항

### 시나리오 생성 기능

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SFR.SNO.01 | 도메인 전문가용 사용자 인터페이스를 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.01 | ETRI |
| SFR.SNO.02 | 도로망을 포함한 공간정보를 편집할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 1,2 | UFR.USR.02, UFR.USR.17 | ETRI |
| SFR.SNO.03 | 교통신호체계를 편집할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.02, UFR.USR.17 | ETRI |
| SFR.SNO.04 | 도로망 파일(Shapefile)을 입력할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 1,2 | UFR.USR.02, UFR.USR.17 | ETRI |
| SFR.SNO.05 | 교통 수요 (교통량, OD)를 입력할 수 있어야 한다. | 2 | UFR.USR.02, UFR.USR.17 | ETRI |
| SFR.SNO.06 | 예외 상황(교통사고, 자연재해, 공사 등)을 시나리오로 작성할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 1,2,3 | UFR.USR.03 UFR.USR.05 UFR.USR.08 UFR.USR.13 UFR.USR.14 UFR.USR.15 | ETRI |
| SFR.SNO.07 | 일반 상황을 시뮬레이션 할 수 있도록 시나리오를 작성할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 1 | UFR.USR.04 UFR.USR.06 | ETRI |
| SFR.SNO.08 | 대응 정책을 시나리오로 생성할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.10 UFR.USR.33 | ETRI |
| SFR.SNO.09 | 원전사고 시나리오에 필요한 요소들을 추가할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 4 | UFR.USR.13 | ETRI |
| SFR.SNO.10 | 침수 시나리오에 필요한 요소들을 추가할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.14 | ETRI |
| SFR.SNO.11 | 공공 서비스에 필요한 요소들을 추가할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.15 | ETRI |
| SFR.SNO.12 | 시뮬레이션 동안 단발성 이벤트 (예: 공사, 사고, 행사 등)를 시공간 기반으로 (모델링) 생성할 수 있다. | 1,2 | UFR.USR.08 UFR.USR.13 UFR.USR.14 UFR.USR.15 UFR.USR.17 | ETRI |
| SFR.SNO.13 | 시뮬레이션 동안 시계열성 이벤트 (예: 침수 확산, 원전 사고 후 오염물질 확산 등)를 시공간 기반으로 (모델링)생성할 수 있다. | 3,4 | UFR.USR.08 UFR.USR.13 UFR.USR.14 UFR.USR.15 UFR.USR.17 | ETRI |
| SFR.SNO.14 | 생성된 이벤트와 연동하여 시뮬레이션의 환경 (예: 도로망 형상, 도로망 속성, 신호 정보, 신호 형상 등)을 변경할 수 있다. | 1,2 | UFR.USR.08  UFR.USR.09 UFR.USR.10 UFR.USR.17 | ETRI |
| SFR.SNO.15 | 에이전트의 행동 및 특성을 생성/편집하는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.08 UFR.USR.17 UFR.USR.28 | ETRI |
| SFR.SNO.16 | 생성된 시나리오를 관리할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.02, UFR.USR.03, UFR.USR.04 | ETRI |
| SFR.SNO.17 | 시나리오 템플릿/프리셋을 제공해야 한다. | 3,4 | UFR.USR.02 UFR.USR.17 | ETRI |

### 데이터 관리 기능

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SFR.DM.01 | 시뮬레이션을 위한 원본데이터를 수집, 가공, 적재, 관리하는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.18 UFR.USR.26 | 에이테크 |
| SFR.DM.02 | 적재한 데이터를 사용할 수 있는 API를 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.18 | 에이테크 |
| SFR.DM.03 | 합성데이터의 이력을 관리하는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.23 UFR.USR.26 | ETRI |
| SFR.DM.04 | 합성데이터를 다양한 형식으로 가공하는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.24 | ETRI |
| SFR.DM.05 | 생성된 합성데이터를 관리하는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.27 | ETRI |

### 시뮬레이션 기능

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SFR.SIM.01 | 시나리오를 시뮬레이션 입력데이터로 변환하는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.08 UFR.USR.09 | ETRI |
| SFR.SIM.02 | 시뮬레이션 설정 변수를 입력할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 1,2 | UFR.USR.22 | ETRI |
| SFR.SIM.03 | 시뮬레이션에서 시뮬레이션 입력데이터를 처리할 수 있어야 한다. | 2 | UFR.USR.03 UFR.USR.04 UFR.USR.05 UFR.USR.06 | ETRI |
| SFR.SIM.04 | 시뮬레이션에서 시나리오를 처리할 수 있어야 한다. | 2 | UFR.USR.03 UFR.USR.04 UFR.USR.05 UFR.USR.06 | ETRI |
| SFR.SIM.05 | 시뮬레이션 스텝별 결과를 저장하는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.16 | ETRI |
| SFR.SIM.06 | 생성하고자 하는 합성데이터 항목을 선택할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.03 UFR.USR.04 | ETRI |
| SFR.SIM.07 | 시뮬레이션 결과로부터 합성데이터를 추출하여 저장할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 2,3 | UFR.USR.03 UFR.USR.04 | ETRI |
| SFR.SIM.08 | 시뮬레이션 도중 도로망, 신호체계, 에이전트 상태 등 다양한 시뮬레이션 환경정보를 제공할 수 있어야 한다. | 2,3 | UFR.USR.16 | ETRI |
| SFR.SIM.09 | 이벤트 (사고발생 및 복구, 침수 진행 등) 진행에 따라 시뮬레이션 환경 (도로망, 신호)을 강제 통제 (차선 혹은 도로 통제 및 복구, 신호 변경 등) 할 수 있다. | 2,3,4 | UFR.USR.05 UFR.USR.13 UFR.USR.14 UFR.USR.15 UFR.USR.25 | ETRI |
| SFR.SIM.10 | 시뮬레이션 중에 에이전트 행동모델을 처리할 수 있어야한다. | 2,3 | UFR.USR.25 | ETRI |
| SFR.SIM.11 | 에이전트의 행동 변화를 입력할 수 있는 인터페이스(API 등)를 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.25 | ETRI |

### 에이전트 행동 모델링 기능

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SFR.AAM.01 | 예외 상황 시나리오에 따라 에이전트 모델링 결과를 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.28 | 페블러스 |
| SFR.AAM.02 | 예외 상황에서 에이전트 모델링에 전문가 지식을 반영해야 한다. | 2 | UFR.USR.29 | 페블러스 |
| SFR.AAM.03 | 합성데이터의 다양성을 평가할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 4 | UFR.USR.30 | 페블러스 |

### 예측 및 대응 기능

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SFR.PAR.01 | 일반상황 및 예외상황에서 인공지능 예측모델을 사용하여 시계열 데이터(혼잡도 등)를 예측하는 기능을 제공해야 한다. | 1 | UFR.USR.07 UFR.USR.12 | ETRI |
| SFR.PAR.02 | 생성한 합성데이터로 학습시킨 예측 모델을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.07 UFR.USR.12 | ETRI |
| SFR.PAR.03 | 대응 시나리오를 AI모델을 사용하여 생성할 수 있는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.12 UFR.USR.33 | KAIST |
| SFR.PAR.04 | 합성데이터를 생성/증강할 수 있는 AI 모델을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.19 | ETRI |
| SFR.PAR.05 | 대응 시나리오의 효과도를 분석한 결과를 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.21 | ETRI, KAIST |
| SFR.PAR.06 | 대응 정책 시나리오를 시뮬레이션 한 결과를 분석하는 기능을 제공해야 한다. | 4 | UFR.USR.11 | ETRI |
| SFR.PAR.07 | 시뮬레이션 예측을 모사하는 인공지능 예측모델을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.31 | KAIST |
| SFR.PAR.08 | 다양한 예외상황 대응을 위한 What-if 시나리오를 생성하는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.32 | KAIST |

### 결과분석 및 시각화 기능

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SFR.VIS.01 | 시뮬레이션 결과를 시각화하는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.20 UFR.USR.35 | 에이테크 |
| SFR.SIM.06 | 시뮬레이션 결과 분석 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.40 | 에이테크 |
| SFR.VIS.02 | 가공한 합성데이터를 시각화하는 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.20 UFR.USR.35 | 에이테크 |
| SFR.VIS.03 | 시나리오와 연계하여 합성데이터를 시각화할 수 있어야 한다. | 3,4 | UFR.USR.20 UFR.USR.21 | 에이테크 |
| SFR.VIS.04 | 예측모델 결과를 시각화하는 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.20 UFR.USR.35 | 에이테크 |
| SFR.VIS.05 | 지역 공간정보 및 재난안전관리 공공데이터 활용 GIS 기반 의사결정지원 SW 및 시각화를 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.34 | 에이테크 |
| SFR.VIS.06 | 예측모델 관리(입력,삭제) 기능을 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.36 | 에이테크 |
| SFR.VIS.07 | 생성형 AI 기반 공간정보 검색 기능을 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.37 | 에이테크 |
| SFR.VIS.08 | 예외상황 시뮬레이션 분석 결과를 제공해야 한다. | 3 | UFR.USR.40 | UNIST |

### 실증 기능

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SFR.PRV.01 | 합성데이터를 수요처의 시스템에서 사용할 수 있어야 한다. | 4 | UFR.USR.38 | 에이테크 |
| SFR.PRV.02 | 예측결과를 수요처의 시스템에서 사용할 수 있어야 한다. | 4 | UFR.USR.38 | 에이테크 |
| SFR.PRV.03 | 재난 예외상황 예측 및 대응 결과를 안내하는 서비스를 제공해야 한다. | 4 | UFR.USR.39 | 에이테크 |
| SFR.PRV.04 | 원전재난상황 관련 비상대응, 예외적 이벤트 및 대피의 주요 변인을 분석한 결과를 제공해야 한다. | 2 | UFR.USR.41 | UNIST |

## 시스템 비기능 요구사항

### 성능

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자  요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SNR.PER.01 | 합성데이터 유사도는 0.25 이하(JSD)이어야 한다. | 4 | UNR.PER.01 | ETRI |
| SNR.PER.02 | 합성데이터의 다양성은 0.5 이상(IRβ)이어야 한다. | 4 | UNR.PER.02 | 페블러스 |
| SNR.PER.03 | 합성데이터 활용 시 예측 성능 향상도는 10% 이상이어야 한다. | 4 | UNR.PER.03 | ETRI |
| SNR.PER.04 | 시뮬레이션 예측 정확도는 0.95 이상(R2)이어야 한다. | 4 | UNR.PER.04 | ETRI |
| SNR.PER.05 | 메타모델 정합성은 0.95 이상(R2)이어야 한다. | 4 | UNR.PER.05 | KAIST |
| SNR.PER.06 | 최적대응안의 결과가 대응하지 않은 결과 대비 효과 향상이 20% 이상이어야 한다. | 4 | UNR.PER.06 | KAIST |
| SNR.PER.07 | 시각화 결과 표출 속도는 22초 이내여야 한다. (5백만건 기준) | 4 | UNR.PER.07 | 에이테크 |

### 확장성

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SNR.SCA.01 | 다양한 제약 조건이나 목표를 가진 문제에 유연하게 대처할 수 있어야 한다. | 4 | UNR.SCA.01 | UNIST |

### 가용성

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SNR.AVA.01 | 재난상황의 불확도를 고려하여 안정적인 최적대응안을 제공하여야 한다. | 4 | UNR.AVA.01 | UNIST |

### 기타

| 요구사항 ID | 내용 | 구현년도 | 관련 사용자 요구사항 | 담당기관 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SNR.ETC.01 | 시스템 사용자 메뉴얼을 제공해야 한다. | 4 | UNR.ETC.01 | 전체기관 |
| SNR.ETC.02 | 예외상황 실증 시나리오를 3개이상 제공해야 한다. | 2,3,4 | UNR.ETC.02 | 전체기관 |

# 미지원 사용자 요구사항

해당 사항 없음